

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-119823

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl. G05B 23/02
G05B 23/02

(21)Application number : 09-288606 (71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC
CORP

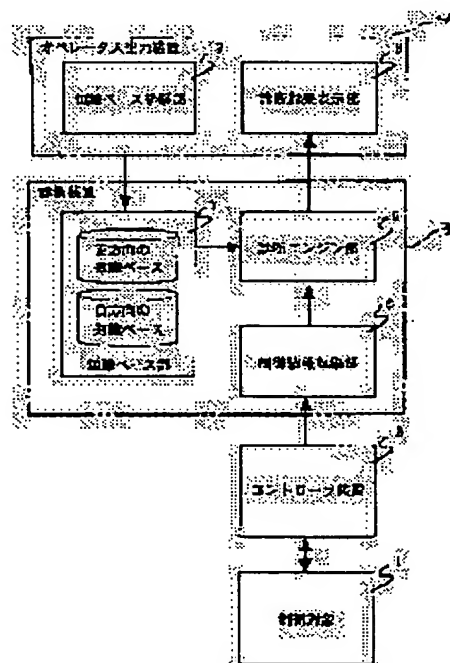
(22)Date of filing : 21.10.1997 (72)Inventor : HAMAMURA YOSHITO
NAKAJIMA TAKASHI
KURISU TSUTOMU

(54) FAULT DIAGNOSTIC DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fault diagnostic device which can secure high diagnostic accuracy and can easily describe a knowledge base by producing a matrix list to show fault events and their relative factors and applying the weighting to the intersection points of the matrix list according to each degree of relations between the fault events and their factors.

SOLUTION: A knowledge base construction part 9 constructs a knowledge base as a matrix list that shows fault events and their relative factors and applies the weighting to the intersection points of the matrix list according to each degree of relations between the fault events and their factors. A diagnostic result display part 8 displays the knowledge base that is constructed at the part 9. The constructed knowledge base is inputted via a screen of the part 9 which is displayed on an operator input/output device 4 and saved at a knowledge base part 7 of a diagnosis device 3. In such a constitution, the knowledge base is easily managed just by managing the weighting according to each degree of 1:1 relations between the fault events and their relative factors.



LEGAL STATUS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-119823

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 5 B 23/02

識別記号

3 0 2

F I

G 0 5 B 23/02

X

3 0 2 Y

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-288608

(22) 出願日

平成9年(1997)10月21日

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 浜村 義人

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 中島 隆志

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 栗須 努

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

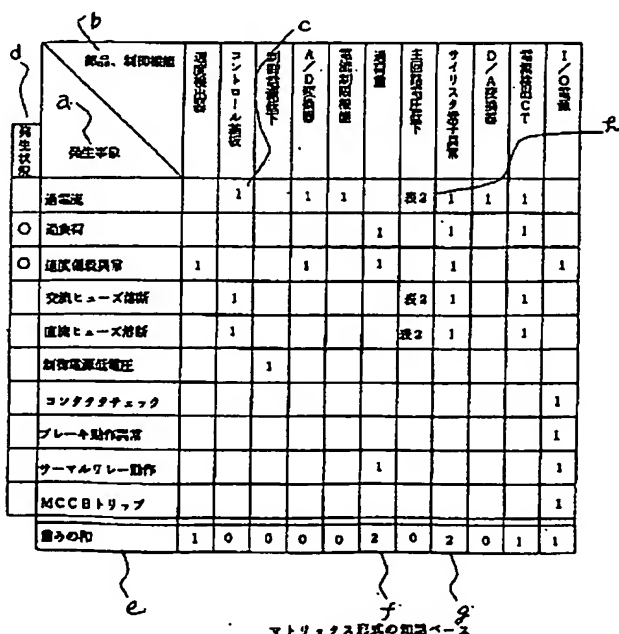
(74) 代理人 弁理士 萩野 平 (外4名)

(54) 【発明の名称】 故障診断装置

(57) 【要約】

【課題】 高い診断精度が得られ、また知識ベースの記述を容易に行うこと。

【解決手段】 知識ベースを故障事象とその故障事象に關係する故障要因とのマトリックス表とし、このマトリックス表の交点には故障事象と故障要因との關係の重み付けを行い、またマトリックス表の所定の交点から詳細な内容のマトリックス表を展開できるように階層構造化し、各階層のマトリックス表を表示できるようにした。さらに、知識ベースに無かった新たな経験が発生した場合にその経験を知識ベースに追加できるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 診断対象となる設備を制御するコントローラ装置から故障情報を含む様々な制御情報を収集する制御情報収集部と、故障診断のための知識ベースが構築される知識ベース部と、この知識ベース部にて知識ベースを構築する知識ベース構築部と、前記制御情報収集部にて収集された制御情報と前記知識ベース部に構築された知識ベースを元に故障要因の推論を行い復旧ガイダンスを導く診断エンジンと、この診断エンジンで推論された故障要因及び復旧ガイダンス等の表示を行う診断結果表示部とを備えた故障診断装置であって、前記知識ベース構築部が、知識ベースを、故障事象とその故障事象に関係する故障要因とのマトリックス表とし、このマトリックス表の交点には故障事象と故障要因との関係の度合いに応じた重み付けを行い、前記診断結果表示部が、前記知識ベース構築部で構築された知識ベースを表示することを特徴とする故障診断装置。

【請求項 2】 前記知識ベース構築部が、前記知識ベースのマトリックス表の交点から更に詳細な内容のマトリックス表を展開する階層構造機能を有することを特徴とする請求項 1 記載の故障診断装置。

【請求項 3】 更に、新たな故障事象とその故障事象に関係する故障要因を入力する入力手段を備え、前記知識ベース構築部が、前記入力手段より入力された故障事象と故障要因をマトリックス形式の知識ベースに追加することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の故障診断装置。

【請求項 4】 前記知識ベース構築部が、故障事象とその故障事象の要因となり得る可能性の高いものとの関係をマトリックス表示とした正方向の知識ベースと、故障事象とその故障事象の要因と成り得る可能性の低いものとの関係をマトリックス表示とした負方向の知識ベースをそれぞれ構築し、前記診断エンジンが、前記正負両方向の知識ベースを用いて故障原因の推論を行い、前記診断結果表示部が、前記正負方向の知識ベースを表示することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の故障診断装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】 本発明は、鉄鋼プラントや化学プラント等の連続運転を余儀なくされるシステム、あるいはコンテナ船から荷物を揚げ降ろしするコンテナクレーン等の故障時の復旧時間の短縮が要求される産業用設備に用いて好適な故障診断装置に関する。

【0001】

【従来の技術】 従来より、上述した産業用設備の故障診

断方法としてフォールトツリー方式が広く採用されている。このフォールトツリー方式における知識ベースの構築では、まず故障事象を木の幹とし、その事象が発生するための故障要因を枝として定義する。次に、枝として定義した要因を事象として捉え、この事象が発生するための要因を枝として定義する。このように故障事象とその事象が発生するための要因の関連付けを繰り返すことによってツリー状に知識ベースが構築されて行き、最終的にツリーの末端の枝が故障事象の故障要因の候補となる。また、故障原因の推定にファジィ推論や人口知能と称される技術を用いたものもある。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上述した従来の故障診断方法にあっては、次のような問題点があった。フォールトツリー方式は、知識ベースを IF-THEN-ELSE で記述するために、発生している事象から故障原因に至るまでの道筋が指数関数的に増大していき、所謂「場合の爆発」という現象が発生し、知識ベースの記述が容易でない。また、故障原因を追及する道筋の途中で発生している事象の情報に誤りがあると IF-THEN-ELSE の THEN の方向に進むべきものが ELSE の方向を辿ってしまうような致命的な誤りを発生させる可能性もあった。また、知識ベースを基にした推論装置では経験値を追加して知識ベースを増やしていくことが推論結果の精度を上げていくのに欠かせないが、ファジィ推論や人口知能等の故障原因を追求める対象となっている生産装置の保守を担当する人には容易に理解できない推論過程を経て推論結果が出力される方式では、保守担当の人の経験値が知識ベースに正確に追加されていくことが困難であり、精度の向上が難しかった。さらに、従来技術では、故障事象とその事象が発生するための故障要因の因果関係のみを定義して知識ベースを構築しているため、診断精度が出ない場合がある。特に新しく開発したシステムや機器構成が非常に複雑なシステムでルールが確立されていない場合にはルールが不完全で誤った診断結果に辿りつく可能性が高い。そこで本発明は、高い診断精度が得られ、また知識ベースの記述を容易に行うことができる故障診断装置を提供することを目的とする。

【0003】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 記載の発明による故障診断装置は、診断対象となる設備を制御するコントローラ装置から故障情報を含む様々な制御情報を収集する制御情報収集部と、故障診断のための知識ベースが構築される知識ベース部と、この知識ベース部にて知識ベースを構築する知識ベース構築部と、前記制御情報収集部にて収集された制御情報と前記知識ベース部に構築された知識ベースを元に故障要因の推論を行い復旧ガイダンスを導く診断エンジンと、この診断エンジンで推論された故障要因及び復旧ガイダンス等の表示を行う診断

結果表示部とを備えた故障診断装置であって、前記知識ベース構築部が、知識ベースを、故障事象とその故障事象に関係する故障要因とのマトリックス表とし、このマトリックス表の交点には故障事象と故障要因との関係の度合いに応じた重み付けを行い、前記診断結果表示部が、前記知識ベース構築部で構築された知識ベースを表示するものである。上記構成によれば、故障事象とその故障事象に関係する故障要因との関係が 1 対 1 で、その関係の度合いに応じた重み付けだけを管理するだけで済み、知識ベースの記述が容易になる。請求項 2 の発明による故障診断装置は、故障事象とその事象に関係する故障要因との関係のマトリックス表が階層構造になっているので、知識ベースの管理がさらに容易になる。請求項 3 の発明による故障診断装置は、知識ベースに無かった新たな経験が発生した場合に、その経験を知識ベースに追加する機能を有しており、経験値による推論結果の精度の向上が図れる。請求項 4 の発明による故障診断装置は、故障原因の推論において、故障事象と故障要因の因果関係を定義した正方向、負方向の 2 つの知識ベースを構築し、正負両方向で推定することが可能となり、正方向のみの従来技術と較べてさらに精度の高い故障診断を実現できる。

【0004】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図 1 は本発明による故障診断装置の実施の形態 1 の概略構成を示すブロック図である。この実施の形態 1 の故障診断装置は、診断エンジン及び知識ベースを有する診断装置 3 と、診断結果の表示及び知識ベース構築の GUI（グラフィカル・ユーザー・インタフェース）を有するオペレータ入出力装置 4 を備えている。オペレータ入出力装置 4 には図示せぬキーボードやマウス等のポインティングデバイス（入力手段）が設けられている。図 2 は図 1 の機能ブロック図である。この図において、制御対象 1 の状態を示す故障情報やインタロック情報および計測値情報等の様々な制御情報はリアルタイムにコントローラ装置 2 から診断装置 3 の制御情報収集部 5 に伝送される。その制御情報を元に診断装置 3 の診断エンジン部 6 が知識ベース部 7 の正方向の知識ベースおよび負方向の知識ベースに従って診断を実行し、診断結果をオペレータ入出力装置 4 の診断結果表示部 8 に表示する。また、知識ベースの構築はオペレータ入出力装置 4 に表示された知識ベース構築部 9 の画面から入力し、診断装置 3 の知識ベース部 7 に保管される。図 3 はマトリックス表形式で管理される正方向の知識ベースの一例である。この図において、a の欄は発生する故障事象、b の欄は故障要因を示している。a の欄と b の欄が交差した点 c には故障事象と故障要因の関係の度合いを示す数値が記憶されている。各故障事象に対して関係の度合いが高い順番に c の欄に大きな重みが付けられ、因果関係がない場合には重みは付けられない。この

ように構築された知識ベースが正方向の知識ベースである。なお、実際には故障事象と故障要因の関係をさらに詳細に定義するのに交点 c からマトリックス表を階層上に展開したり詳細なルールを記述したりするが、ここでは一階層のマトリックス表とした。d の欄は現在発生している故障事象を示している。○印のついている故障事象が現在発生している事象である。現在は故障口、ハ、ホ、トの 4 つの故障が発生している。e の欄は b の欄に示された故障要因が発生中の全ての故障事象とどの程度関係があるのかを示すためにマトリックス表の縦の欄の合計値が示されており、ここの数値の高い欄の故障要因がより真因の可能性が高いことになる。この例では要因 H、F、J、G、K の順に真因の可能性が高いと診断できる。図 4 は負方向の知識ベースの一例を示す図である。各故障事象に対して、その故障が発生中は故障要因となりえない可能性が高いものには関係の度合を示す数値に負の値を定義する。例えば、故障事象口が発生中は故障要因 H が原因となる可能性が非常に低いため、その交点に「-3」を定義している。こうして構築された知識ベースが負方向の知識ベースである。前述した図 3 と同じ故障事象口、ハ、ホ、トが発生している状態では、要因 H、J、C 等は真因である可能性が低いと診断できる。図 5 は正方向、負方向の知識ベースを組み合わせたもので、図 3、図 4 と同様に故障事象口、ハ、ホ、トが発生している状態では、要因 F、G、H、A の順に真因の可能性が高いと診断できる。このように正方向及び負方向の両方向の知識ベースから診断を行うことにより精度の高い診断結果を得ることができる。なお、この実施の形態では、マトリックス表形式で管理される方式について記述したが、フォールトツリー方式の場合も同様に、従来の正の知識ベースに加えて、各故障事象に対して発生しないための要因を順次定義していき負の知識ベースを構築し、故障事象が発生した時に正負両方の知識ベースから各々診断を行って、その結果の組み合わせから故障原因を特定する。このように、この実施の形態 1 では、故障事象に対して、その故障事象が発生しないための故障要因を診断ルールとして定義する負方向の知識ベースを採用したので、精度の高い故障診断ができ、あらゆる設備において設備停止時間を最小限に抑えることができる。

【0005】図 6 は本発明による故障診断装置の実施の形態 2 の概略構成を示すブロック図である。この実施の形態 2 の故障診断装置は、知識ベースが負方向と正方向の二つに別れていない以外は、前述した図 2 の故障診断装置と同一の構成になっている。この実施の形態 2 の故障診断装置は、故障事象とその故障事象に関係する部品及び制御機能等（故障要因）との関係とその度合いのマトリックス表をオペレータ入出力装置 4 に表示する機能、マトリックス表を階層構造化する機能、知識ベースに無かった新たな経験（新たな故障事象とその故障事象

に關係する故障要因)が発生した場合にその経験を知識ベースに追加する機能を有している。図7はマトリックス表形式で管理される知識ベースである。aの欄は発生する事象を示しており、bの欄は装置を構成する部品や制御機能等を示している。aの欄とbの欄が交差した点cには発生する事象と装置を構成する部品、制御機能等との関係の度合いを示す数値が記憶されている。dの欄は現在発生している事象を示している。○印のついている事象が現在発生している事象である。eの欄はbの欄に示された部品や制御機能等が発生した事象とどの程度関係あるかの度合いを示すためにマトリックス表の縦の欄の合計値が示されている。現在発生している事象についてはf、gの点数が大きくなっており、「過荷重」、「サイリスク素子異常」が関係が深い事を示している。aの欄とbの欄が交差した点hは、発生する事象と装置を構成する部品や制御機能等との関係の度合いをさらに構造化された表形式とした場合の表のアドレスが記憶されている。図8は図7の点hのアドレスで示された表の詳細を示すものである。iの欄は発生する事象を示しており、図7のaの欄の事象に加えてiの欄の事象を条件とすることによって、図7のbの欄の部品、制御機能等との関係の度合いが異なった値となることがjの欄に記憶されている。図9は新たに経験した「発生事象」と関係していた「部品、制御機能等」について入力する様式を示している。図10は図9に入力する「発生事象」を選択するための情報テーブルである。また、図11は図9に入力する「部品、制御機能等」を選択するための情報テーブルである。発生した事象と関係していた部品、制御機能等との関係が故障診断装置から得られた関係と異なっていた場合は、その時の発生事象を図10のテーブルから選択し、それと関係していた部品、制御機能等を図11から選択するだけで知識ベースのマトリックス表に新たな知識が記憶される。このように、この実施の形態2では、知識ベースを故障事象とその故障事象に關係する故障要因とのマトリックス表とし、このマトリックス表の交点には故障事象と故障要因との関係の重み付けを行い、この知識ベースを表示するようにしたので、故障事象とその故障事象に關係する故障要因との関係が1対1で、その関係の重み付けだけを管理するだけで済み、しかも知識ベースであるマトリックス表が表示されるので、知識ベースを極めて容易に構築することができる。また、IF-THEN-ELSE方式による知識ベースのように膨大な量の「場合」を記述する必要がないので、知識ベースの作成時間の短縮、知識ベースの検証に要する時間の短縮、さらには知識ベースの誤りの発生の低減を図ることができ、労力の大幅な削減が可能になる。また、知識ベースのマトリックス表の交点から更に詳細な内容のマトリックス表を展開する階層構造としたので、知識ベースの管理をさらに容易に行える。また、知識ベースに無かった新たな経験が発生した場合に、そ

の経験を知識ベースに追加できるので、経験値による推論結果の精度の向上が図れる。この知識ベースの改善内容は、故障事象とその故障事象に關係する故障要因との関係のマトリックス表に反映されるだけであり、その内容は一般的な設備の保守担当者でも容易に理解でき、経験値による知識ベースの精度向上が図れる。

【0006】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明によれば、故障事象とその故障事象に關係する故障要因との関係が1対1でその関係の重み付けだけを管理するだけで済み、しかも知識ベースであるマトリックス表が表示されるので、知識ベースを極めて容易に構築することができる。請求項2記載の発明によれば、故障事象とその事象に關係する故障要因との関係のマトリックス表を階層構造としたので、知識ベースの管理を極めて容易に行うことができ、労力の大幅な削減が可能になる。請求項3記載の発明によれば、知識ベースに無い新たな経験を知識ベースに追加できるので、経験値の更新を正確かつ容易に行え、精度の良い情報を提供することができる。請求項4記載の発明によれば、故障事象に対して、その故障事象が発生しないための故障要因を診断ルールとして定義する負方向の知識ベースを採用したので、速やかに故障を復帰させ稼働を再開する必要のある設備において、故障原因を高い精度で推論することができ、故障による設備停止時間を最小限に抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る故障診断装置の実施の形態1の概略構成を示すブロック図である。

【図2】同実施の形態1の故障診断装置の機能ブロック図である。

【図3】マトリックス形式の知識ベースを示す図である。

【図4】マトリックス形式の知識ベースを示す図である。

【図5】マトリックス形式の知識ベースを示す図である。

【図6】本発明に係る故障診断装置の実施の形態2の概略構成を示すブロック図である。

【図7】マトリックス形式の知識ベースを示す図である。

【図8】階層化されたマトリックス形式の知識ベースを示す図である。

【図9】新経験の入力画面を示す図である。

【図10】発生事象テーブルを示す図である。

【図11】部品、制御機能テーブルを示す図である。

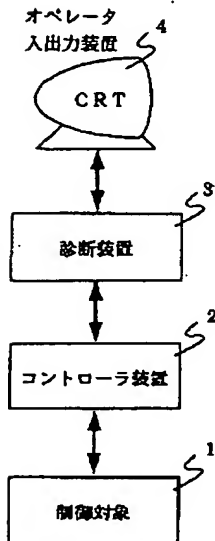
【符号の説明】

- 1 制御対象
- 2 コントローラ装置
- 3 診断装置

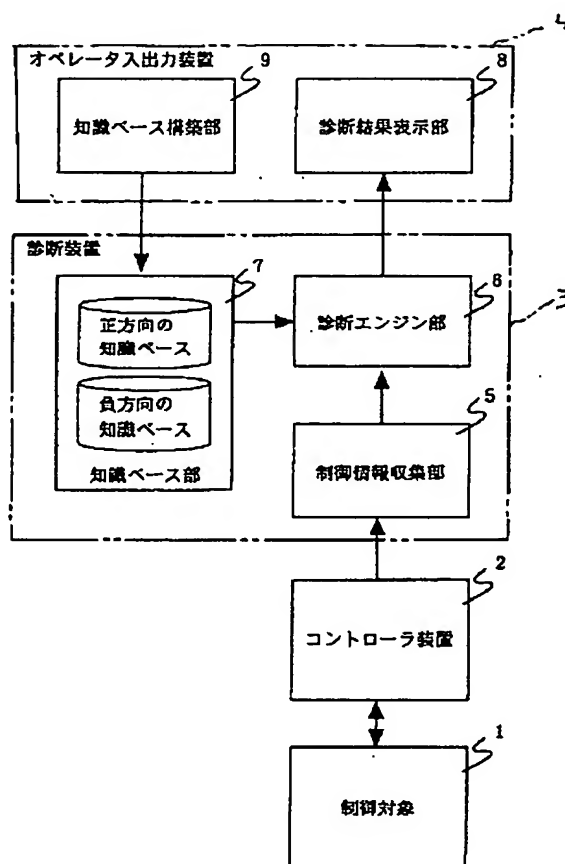
- 4 オペレータ入出力装置
5 制御情報収集部
6 診断エンジン部
7、10 知識ベース部
8 診断結果表示部

- 9 知識ベース構築部
a 故障事象
b 故障要因
c 故障事象と故障要因の重み
d 故障発生状況

【図 1】



【図 2】



【図 8】

アドレス	表 2
発生状況	発生事象
	電動機運転中 0
	回生制運転中 1
	電動機停止中 0

階層化されたマトリクス形式の知識ベース

【図 9】

発生事象	部品、制御機能

新経路の入力画面

【図 10】

番号	発生事象 テーブル
1	CPU異常
2	減速異常
	⋮
m	減速電圧異常

発生事象テーブル

【図 11】

番号	部品、制御機能 テーブル
1	LS動作不良
2	雨水浸入
	⋮
n	接触不良

部品、制御機能テーブル

【図 3】

発生状況	故障要因	要因 A	要因 B	要因 C	要因 D	要因 E	要因 F	要因 G	要因 H	要因 I	要因 J	要因 K
故障事象												
故障イ		1	3	3		2	2	1	1			
○故障ロ					2			1	3			
○故障ハ	1		1	3	1	3					1	
故障ニ		1			2	1		3				
○故障ホ		1			2	3		1				
故障ヘ			1									
○故障ト											1	
故障チ											2	
故障リ											1	
故障ヌ											1	
重みの和		1	1	0	1	0	5	3	6	1	4	2

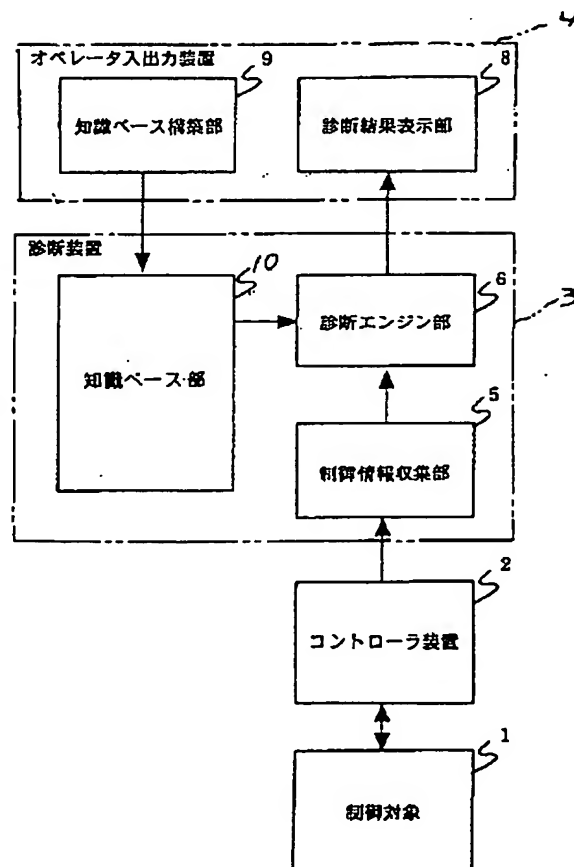
【図 4】

発生状況	故障要因	要因 A	要因 B	要因 C	要因 D	要因 E	要因 F	要因 G	要因 H	要因 I	要因 J	要因 K
故障事象												
故障イ		-1				-2						-3
○故障ロ				-2				-3				-2
○故障ハ		-1									-3	
故障ニ			-1	-2								-3
○故障ホ			-3	-2				-1				
故障ヘ									-1			
○故障ト								-1	-1	-1		
故障チ									-1			
故障リ									-1			
故障ヌ									-1			
重みの和		-1	-1	-3	-2	-2	0	0	-4	-2	-4	-2

【図 5】

発生状況	故障要因	要因 A	要因 B	要因 C	要因 D	要因 E	要因 F	要因 G	要因 H	要因 I	要因 J	要因 K
故障事象												
故障イ		-1	1	3	3	-2	2	2	1	1	-3	
○故障ロ				-2		2		-3	1	3	-2	
○故障ハ	1	-1	1	3	1	3				-3	1	
故障ニ		1	-1	-2	2	1		3	-3			
○故障ホ		1	-3	-2	2	3	-1	1				
故障ヘ			1					-1				
○故障ト							-1	-1	-1	1		
故障チ								-1		1		
故障リ								-1		1		
故障ヌ								-1		1		
重みの和		1	0	-3	-1	-2	5	3	2	-1	0	0

【図 6】



【図7】

発生状況	部品、制御機能 発生事象	速度検出器	コントロール基板	制御電源低下	A/D変換器	電流制限機能	過負荷	主回路電圧低下	サイリスタ素子異常	D/A変換器	電流検出CT	I/O回路
	過電流		1		1	1		表2	1	1	1	
○	過負荷						1		1		1	
○	速度偏差異常	1			1		1		1			1
	交流ヒューズ溶断		1					表2	1		1	
	直流ヒューズ溶断		1					表2	1		1	
	制御電源低電圧			1								
	コンタクトチェック											1
	ブレーキ動作異常											1
	サーマルリレー動作						1					1
	MCCBトリップ											1
	重みの和	1	0	0	0	0	2	0	2	0	1	1

マトリックス形式の知識ベース